Lógica das constantes universais

Luiz Sergio Coelho de Sampaio

Rio de Janeiro, junho de 1997

Such proposals have two common factors (...): they aim to show Einstein was wrong in some way and they are totally committed to the deduction of the numerical values of constants of Nature from some sequence of mysterous combinatorical juggling that occasionally incorporates considerations as abstruse as the dimensions of Great Pyramid or the interpretation of the Jewish cabbala.

John D. Barrow, *Theories of everything*

Sumário

1. Preliminares

Desde Galileu, portanto muito antes do advento da mecânica quântica, o operacionalismo doutrinário já exercia o seu domínio fazendo, entre outras coisas, com que a **medida** deixasse de ser algo metafísico (melhor diríamos, extra-físico) e viesse a se integrar à essência da cientificidade moderna. Aliás, a nosso ver, seria isto, bem mais do que o empirismo e o discurso axiomatizado já praticados e estimados pelos gregos, o que melhor caracterizaria o ser moderno no âmbito daquela cientificidade.

A mecânica quântica veio, sim, "operacionalizar o operacionalismo" através da introdução de axiomas que formalizavam de maneira explícita a mensuração e suas **conseqüências perturbadoras**. A integração teórica da medida tem como corolário imediato a impossibilidade da existência de **leis exatas** neste domínio: toda as leis científicas seriam doravante inexorável e intrinsecamente aproximativas e/ou probabilísticas; logo, indigna dos deuses!

Os enormes êxitos da mecânica quântica, tanto de predição (a maior aproximação até hoje obtida entre o calculado e o medido), como integrativos (em toda a história da física foi a teoria que, de um só golpe, veio explicar o maior número de fenômenos e ainda sugerir a existência muitos outros), concomitantes à vitória da **interpretação de Copenhague** contra aqueles que insistiam em contestar a completude da teoria quântica – que tinham entre seus epígonos até o próprio Einstein –, só fizeram ainda mais reforçar o **império operacionalista** (o paralelo, com alguma antecipação, ao desfecho da Segunda Guerra Mundial seguido do desmoronamento do socialismo real e a conseqüente entrada em cena do **pensamento único** não é de modo nenhum fortuito).

Tudo isto pode parecer hoje uma verdade assentada e definitiva, e o operacionalismo (do mesmo modo que o neo-colonialismo-social-democrata) uma exigência incontornável a tudo que pretenda o estatuto da respeitabilidade científica. Seria de justiça lembrar algumas exceções notáveis como Newton, Dirac e mais particularmente Einstein [2] que, embora não conseguisse apresentar argumentos inteiramente sólidos para sustentar sua birra contra o empirismo operacionalista, jamais abandonou sua profunda intuição de que seu *métier* tangenciava o sagrado, buscava desvelar as equações que governavam a obra de um Deus sério e exato que não se permitia, por isso mesmo, ares de descontração atirando dados a esmo.

Tudo se tinha assim por decidido, não fora a própria essência da Física que, como já demonstramos em trabalhos anteriores, só é moderna no semblante e pela escrita, mas antiga e nostálgica em sua objetividade recôndita. Assim como a **filosofia** representava para os gregos a busca do **ser um,** que fora lógica e definitivamente perdido pelo próprio advento daquela cultura, **a física é o saber desejante, logo já impossível, do ser uno/trino, próprio à cultura cristão patrística, recalcado pelo advento mesmo da modernidade com sua lógica (do terceiro excluído ou da dupla diferença), seus protocolos, seus indefectíveis instrumentos e procedimentos de medida**. Ver *Princípio antrópico* [3] e também *Apontamentos para uma história da física moderna* [4].

Nestas circunstâncias, o aludido operacionalismo, e com ele o "aproximacionismo" e/ou indeterminismo em estado puro, seria apenas a cena de uma outra cena, uma máscara, uma espetacularidade propositadamente auto-enganadora. Precisamente por isso é que, malgrado a doutrina operacionalista dominantente, podemos, carecemos e continuamos a discutir – ainda que nas margens, dobras e desvãos do mundo, a revelia do terror

acadêmico –, o estatuto lógico das leis físicas (como igualmente das leis "inexoráveis" do capitalismo financeiro globalizante).

Discutir este estatuto é não só discutir sua forma funcional formalizada (proporcional a ..., inversamente proporcional ao quadrado de ..., decaindo exponencialmente com ..., etc.), como também a essência dos parâmetros numéricos que ali comparecem (as constantes físicas). Dentre os últimos, um pequeno grupo se destaca e recebe o estatuto de universalidade – as constantes físicas fundamentais. Segundo Planck, pai de uma das mais importantes constantes universais – a constante h de Planck –, estas se constituiriam em *pedras angulares da física teórica* [5]. Para John Borrow, autor de *Theory of everythings*, as constantes universais teriam um papel crucial no progresso do nosso entendimento do mundo físico:

> *Each really major advance in physical science goes hand in hand with a revision or extension of our understanding of some constant of Nature.*[6]

O nosso principal propósito no presente trabalho será o de justificar o critério de seleção das constantes universais ou fundamentais, proceder ao seu inventário e esclarecer acerca de sua essência, melhor diríamos, do seu estatuto lógico.

2. A questão do justo critério de seleção

Um grande número de importantes constantes comparece nas equações físicas – constantes gravitacional, de estrutura fina, de Hubble, carga do elétron, número de Avogrado, velocidade da luz no vácuo, permeabilidade elétrica do vácuo, etc. –, porém há um acordo tácito que dentre elas apenas umas poucas devem ser consideradas como fundamentais. De modo geral, há muito pouca

variação acerca de qual deva ser este elenco. As duas grandes questões que aqui se levantam seriam, pois: primeiro, qual o critério por trás deste acordo tácito; segundo, quantas e quais, em definitivo, as constantes que deveriam ser consideradas como realmente fundamentais.

No que diz respeito ao critério de inclusão, embora nem sempre isto seja posto de modo explícito e taxativo, é a vinculação da constante às grandes teorias físicas – a constante gravitacional (G) com a teoria gravitacional de Newton e com a relatividade geral: a velocidade da luz no vácuo (c), com o eletromagnetismo, com a relatividade restrita e com a eletro-dinâmica quântica (QED); a constante de Planck (h) com a mecânica quântica e, uma vez mais, com a QED; a constante de Boltzmann (k) com a teoria cinética dos gazes e com a mecânica estatística em geral; a constante de Hubble (H) com a teoria cosmológica do *Big Bang* ; a constante de estrutura fina (α) com o eletromagnetismo enquanto responsável pela coesão intra-atômica; e assim por diante.

Gilles Cohen-Tannoudgi – talvez o único físicos que se preocupou em escrever um livro especificamente dedicado às constantes universais – defende enfaticamente que as constantes universais representam, na verdade, limiares epistemológicos:

> *Tout au long de l'ouvrage, je me suis efforcé de montrer que les constantes universelles traduisent des limitations de principe que s'imposent à l'homme dans son rapport cognitif avec la nature, des limitations qu'il ne serait pas raisonable de ne pas admettre.*[7]

Tendo implícita a vinculação às grandes teorias e bem explícita, como se viu, a essência limitante cognitiva, Cohen-Tannoudji [8] estabelece que as constantes universais fundamentais seriam quatro: a velocidade da luz (c), a constante de Planck (h), a constante gravitacional (G), constante de Boltzmann

(k), ele mesmo reconhecendo que a inclusão desta última não seria de reconhecimento unânime.

Podemos, em princípio, colocar sérias questões, não só acerca da essência proposta para as constantes, mas também com respeito à coerência da escolha:

a) Na hipótese de terem por essência constituirem-se em limiar cognitivo, por que seriam quatro as constantes? Por que não cinco, como os nossos sentidos? Ou muito mais, quantas são as grandezas físicas? Ademais, como se justificaria por aí o seu peculiar conjunto de fórmulas dimensionais?
b) Por que não está presente nenhuma constante vinculada à mecânica newtoniana, que afinal é a mãe de todas as teorias físicas modernas; isto se torna ainda mais grave quando vemos incluída uma constante vinculada a mecânica estatística (constante de Boltzmann) que é uma teoria completamente tributária daquela mecânica?
c) Se as forças da natureza são quatro, por que apenas a gravitação (G) se faz ali representar? Ou as outras três constantes representariam, ainda que de maneira encoberta, as outras três forças?
d) As constantes, por essência, entrariam nas respectivas teorias como valores limitativos ($h/4\pi$, como momento angular mínimo de um fermion; c, como o velocidade máxima de transporte de energia ou massa); por que isto não é igualmente válido para G, embora possa ser argüído em favor da inclusão de k (sabendo-se que kT mede um valor mínimo, energia por partícula por grau de liberdade)?

A nosso juízo, as constantes fundamentais se constituiriam, sim, em valores limiares, porém, de estofo onto-lógicos e não epistemológico, como quer expressamente Cohen-Tannoudji. Apenas subsidiariamente, cremos, é que elas seriam limitantes

cognitivos. Com esta mudança de essência, ver-se-á adiante, teremos como justificar sem ambigüidades um número determinado de constantes fundamentais, bem como suas peculiares fórmulas dimensionais. As constantes universais estariam de fato amarradas a teorias fundamentais, desde que pudéssemos mostrar: primeiro, que as teorias se caracterizam justamente pela aceitação da correlata limitação; segundo, que existe uma razão para o desconhecimento até hoje do limiar referente à constante gravitacional; por último, que existe também uma razão para a não inclusão de uma constante vinculada à mecânica newtoniana.

É preciso ter cuidado para não concluir apressadamente que uma determinada escolha de constantes fundamentais é incoerente por não encontrarmos as correspondentes teorias a que se vinculariam. A incoerência pode estar alhures, na própria visão que temos do conjunto histórico das teorias físicas. Esta hipótese, aliás, é bastante plausível, conforme mostramos em *Apontamentos para uma história da física moderna* [9].

3. Um critério radical de seleção; algumas exclusões e argumentos para tanto

Nossa hipótese básica seria, pois, que as **constantes universais fundamentais** são valores de compromisso, portanto, valores limites que impõe a interdependência das dimensões logicamente determinadas do ser físico – tempo (I), espaço (D) e matéria (I/D). I representa a lógica da identidade, transcendental ou da temporalidade, D, a lógica da diferença ou da *res extensa* e I/D, a dialética, lógica do uno-trino, lógica síntese das anteriores [10]. Como são apenas três estas dimensões, três também serão as constantes universais fundamentais.

A mecânica newtoniana, sabemos, foi a teoria que fixou o quadro das dimensões fundamentais, deixando-os, entretanto,

como **três absolutos**: tempo absoluto, espaço absoluto e materialidade absoluta. Com esta simples observação, fica plenamente justificado porque não lhe pode corresponder qualquer constante. A história da física a partir de então, isto é, na modernidade, é aquela do processo de des-absolutização destas dimensões pela invenção de "mecânicas" restritas, estabelecendo compromissos parciais, inicialmente duas a duas, entre aquelas dimensões buscando, ao cabo, o seu comprometimento conjunto (o uno-trino) [11]. De fato, as constantes universais marcam cada uma destas "mecânicas": **c**, a relatividade restrita, comprometendo tempo e espaço; **h**, a mecânica quântica, comprometendo tempo (ou freqüência, o que é o mesmo) e matéria; **G**, a gravitação newtoniana e a relatividade geral – que deveriam, mas não o fazem –, estabelecendo um comprometimento entre espaço e matéria. É precisamente este comprometimento que pode dar conta do aparentemente injustificado naipe das suas fórmulas dimensionais.

O par **c** e **h** caracteriza, precisamente, a eletro-dinâmica quântica, que estabelece uma primeira articulação tempo-espaço-matéria, porém o comprometimento ainda é aí "linear", e não plenamente estrutural, "triangular", como precisaria ser; por isso ainda ansiamos por uma teoria unificada (UT) ou teoria de todas-as-coisas (TE). O fato de que G não se constituir em valor limite [12] seria justamente o grande obstáculo à unificação da física. Deste modo, tomar como paradigma para a construção de uma teoria unificada a relatividade geral, e não a mecânica quântica ou a eletro-dinâmica quântica é, a nosso ver, o grande erro estratégico que hoje embarga o progresso da física teórica.

Este critério, é verdade, exclui muitas outras constantes; acreditamos que valeria a pena comentar pelo menos três delas: a constante de estrutura fina (α), o **número mágico** (N_m) e a constante de Boltzmann (k). Caso, de modo coerente com os princípios que regem nossos sistemas de medidas, utilizássemos unidades de energia para a medição da temperatura, a constante de

Boltzmann seria um número puro e, assim, as três constantes aqui arroladas, teriam em comum, constituirem-se em números adimensionais.

A maioria dos físicos e filósofos da física acredita que o número de constantes possa de fato ser reduzidas a medida que caminha o processo de unificação da física, porém, um pequeno número se tornará irredutível, fazendo parte das condições estruturais *a priori* do universo. Entretanto, alguns poucos – cremos que por convicção ateista ou megalomaniacas –, alimentam esperanças de que, a medida que o processo reducionista avance, as constantes possam ser endogenamente determinadas. Obviamente, na circunstância, as constantes passariam a ser números puros ou adimensionais, como o são os acima selecionados.

Espíritos especulativos de alto coturno acreditaram que esta hora já havia chegado. O mais arrojado de todos foi Arthur Eddington, que tentou "deduzir" o valor da constante de estrutura fina ($1/\alpha = 2\pi cq^2/h$, q sendo a carga do elétron em u.e.m.) a partir das dimensões do espaço-tempo [13]. O valor de $1/\alpha$ foi de início empiricamente estimado em 136, depois em 137, porém, hoje, já com pelo menos sete algarismos significativos – 136,0359 –, fica por terra todo o esforço feito por Eddington de determiná-lo apenas a partir das dimensões do mundo.

Embora não a tenhamos citado, a carga elétrica (q_e) também deve ser excluída do seleto conjunto das constantes fundamentais porque, justamente através de $1/\alpha$, ela mantém uma relação constante com duas das constantes já arroladas – $q_e{}^2 = \alpha.\ h/2\pi c$ –, o que, de certo modo, mostra que o empenho de Eddington não era errado, mas talvez apenas prematuro.

É ainda ele mesmo que repara na coincidência de alguns grandes números, alguns relacionando, como seria de se esperar, grandezas micro e macro-físicas: a relação raio do Universo/raio

clássico do elétron; a relação das forças eletromagnética e força gravitacional entre dois elétrons ($c^2 q_e^2/Gm_e^2$); a raiz quadrada do número de barions no Universo, todos, na ordem de 10^{39} a 10^{40}. Dirac – o principal formulador da QED –, entusiasmado com a coincidência, desenvolve um modelo cosmológico em que algumas constantes universais chegavam a variar com o tempo, inclusive G, de sorte a manter constantes aqueles grandes números (N_m) [14]. Na realidade, a coincidência existe, mas ninguém acredita que Eddington e Dirac tenham trazido alguma luz para esclarecê-la, não havendo, portanto, uma boa razão para a inclusão de N_m no rol das constantes fundamentais. Não é preciso dizer que a grande maioria dos físicos olha com extrema desconfiança este tipo de especulação.

Quanto à constante de Boltzmann, cremos que ela deve ser liminarmente excluída porque a mecânica estatística é completamente tributária da mecânica newtoniana. Conseqüentemente, a questão de sua inclusão ou não resume-se à questão aqui já superada de que se possa ter uma constante vinculada a esta última teoria.

4. A justificação das três constantes fundamentais

A constante de velocidade (c), já presente na teoria eletromagnética de Maxwell, se fixa e universaliza, sabemos, com a teoria da **relatividade restrita**: ela é determinada como a velocidade da luz no vácuo e na ausência de significativo campo gravitacional. Mas esta sua determinação não é o seu sentido. Este último reside precisamente no comprometimento que a referida teoria impõe a tempo T e espaço L (não pode haver mudança de posição de algo – massa ou energia sob quaisquer formas – sem um mínimo de tempo decorrido). Não se trata em absoluto, como freqüentemente se assevera, da redução do tempo ao estatuto de

quarta dimensão do espaço, que assim de fato aparece apenas por força de uma mera conveniência retórica formal. O quadrado da velocidade da luz no vácuo não é uma constante circunstancial de proporcionalidade entre, por exemplo, energia de massa E_0 e massa em repouso m_0 ($E_0 = m_0c^2$); ela aqui está justamente por se constituir num valor limite que traduz um genuíno comprometimento entre **temporalidade** e **espacialidade** "exigida" por um terceiro personagem em jogo – a **massa** (ou energia, tanto faz). Em outras palavras, por haver matéria e não tão somente nada (de matéria) é que espaço e tempo deixam de ser independentes ou completamente ortogonais e passam a depender um do outro. Este comprometimento significa, enfim, a **des-absolutização de tempo e espaço** instaurada pela mecânica newtoniana.

Eis aí a essência ou significação da constante velocidade da luz no vácuo, que faz com que ela e suas potências apareçam como constantes de proporcionalidade não apenas no exemplo escolhido, mas em múltiplas outras fórmulas, vale dizer, em seu aspecto de universalidade. Temos também como importante consequência disto o fato de que todas as grandezas físicas onde ocorre a massa (M) e que difiram apenas em potências da velocidade (L^nT^{-n}) devam ser consideradas como equivalentes, isto é, como constituindo apenas modos diversificados de manifestação de um mesma entidade física. Assim, por exemplo, seriam equivalentes M (massa), ML^1T^{-1} (quantidade de movimento) e ML^2T^{-2} (energia), como também, MT (*spin*), ML (momento estático) e ML^2T^{-1} (momento angular).

Tratamento semelhante pode-se dar à constante de Planck h. Esta só aparece como uma constante de proporcionalidade – entre, por exemplo, energia E e freqüência ν de um raio luminoso ($E = h\nu$) – na medida em que ela se constitui num valor de compromisso entre tempo e materialidade, ou o que é o mesmo, entre materialidade e freqüência. A constante $h/4\pi$ é o valor

mínimo do momento angular de uma partícula, próprio (*spin*) ou orbital, imposto pela **mecânica quântica**.

Os bosons de *spin* "zero" não passam de uma aparente exceção na medida em que, necessariamente, se desintegram sempre, ao cabo, em pares de partículas com *spins* anti-peralelos não nulos. Por exemplo, K^0 (s=0) → $2\pi^0$ (s=0) → 4γ (s=±1) → 8e (s=±1/2). Assim, podemos concluir que não existe matéria sem um valor mínimo de momento angular, e que os bosons são, na verdade, partículas compostas de partículas de *spin* ½, que se compensam – *spin* zero – ou se somam – *spin* inteiro.

Caso definamos coerentemente o *spin* mínimo de um *fermion* como uma grandeza s_o de dimensão MT, então teríamos $h = 4\pi s_o c^2$. O leitor já terá percebido que pouco importa se tomamos como constante universal h ou s_o, porém, é de suma importância atentar para o fato de que sua universalidade provém do comprometimento entre duas dentre as três grandezas físicas fundamentais – no caso, M e T – e não da sua eventual ocorrência como valor de proporcionalidade em uma qualquer equação da física.

Que o comprometimento entre M e T decorra da presença uma terceira grandeza – no caso, o espaço L – não é aqui tão óbvio quanto no caso visto anteriormente da velocidade da luz, mas existe. De fato, é preciso ter em conta que não estamos propriamente no terreno da física, mas das condições lógicas ou *a priori* de sua possibilidade num sentido bem kantiano. O momento angular próprio é exatamente o que garante a relativa identidade ou a impenetrabilidade dos fermions no **espaço** [15].

Bem, sendo três o número de grandezas fundamentais (T, L e M), e tendo em conta que a velocidade da luz c traduz um comprometimento essencial de tempo T e espaço L pela presença de um terceiro (a massa M), posto à luz pela **relatividade restrita** e, ainda, que h reflete o mesmo tipo de comprometimento, agora,

entre M e T pela presença de um terceiro (o espaço L), explicitado pela **mecânica quântica**, que outra coisa se poderia esperar que não a existência de uma terceira constante universal fechando o circulo, isto é, forçando um comprometimento essencial entre massa M e espaço L pela presença de um terceiro (o tempo T)?

Alguém mais apressado poderia tomar a questão como uma simples charada e valendo-se tão apenas de conhecimentos elementares de física dá-la por facilmente resolvida: tratar-se-ia da constante gravitacional G. Aceitemos provisoriamente a resposta, porém, consideremos: onde estaria o comprometimento essencial entre M e L? E mais, estabelecido ele especificamente por qual **teoria física**?

Com um pouco mais de leitura o nosso apressado personagem, por certo, agora se superaria. Sem titubear ele apontaria a **relatividade geral** como resposta à segunda questão informando que esta teoria tem como essência exatamente a identificação de densidade de **massa** com curvatura local do **espaço** no contexto de uma geometria riemanniana. Ainda poderia dar-se ao luxo de acrescentar o detalhe de que tanto faz considerarmos G ou $c^2/2G = a_P$ (que nós mesmos temos o vezo de denominar **cliname de Planck**) [16], em que este último tem fórmula dimensional onde entram justamente M e L, ou seja, ML^{-1}, à semelhança exata do *spin* s_0, cuja fórmula dimensional compreende M e T. Aparentemente perfeito! A **destinação desejante da física**, como por nós definida na introdução deste trabalho, estaria assim cumprida e atestada: **três seriam as "pessoas físicas" – T, L, e M – porém, absolutamente unas, visto que nenhuma delas de per si constitui um absoluto em virtude da existência das três constantes universais c, h e G comprometendo ou inter-limitando os pares possíveis, respectivamente, {T, L}, {T, M} e {L, M}.** Ver figura 1.

Entrementes, as dificuldades para unificação da QED com a relatividade geral continuam intactas. Alguma coisa, portanto, não

estaria aí funcionando adequadamente: referimo-nos de modo específico à relação matéria/espaço. A **relatividade geral** não estabelece entre estas um relacionamento de mútua limitação, mas exatamente o contrário, na medida que, para nós surpreendentemente, procede à sua pura e simples identificação.

As constantes universais como estrutura uno/trinitária
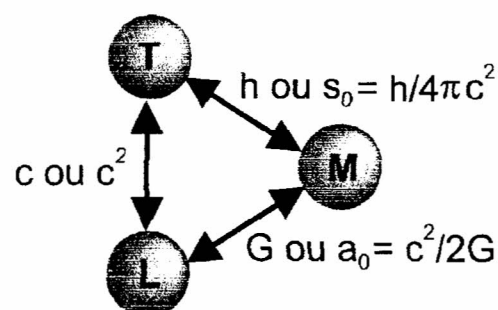
Figura 1

Exatamente por isso, a constante G não estaria assumindo o papel de um verdadeiro inter-limitante, como já mostramos serem os casos de c e h.

Ademais, G estava posto desde há muito pela lei da gravitação newtoniana, cujo grande pecado, enfatizado pelo próprio Einstein [17] era justamente o de **absolutizar as grandezas espaço e tempo** paralelamente à **absolutização da massa** também lá implícita e, de certo modo, referendada pela famosa lei de Lavoisier. Poder-se-ia contra-argumentar que G traduz uma limitação do cliname, isto é, que a_P seria precisamente este limite ou comprometimento. Aliás, Einstein [18] pensou que assim fosse e tentou demonstrar que esta limitação estava implícita

na relatividade geral. Poucos meses após ele ter publicado seu artigo neste sentido, Oppenheimer e Snyder [19] traziam à luz um outro demonstrando como, no contexto mesmo da relatividade geral formavam-se buracos negros, podendo-se daí concluir, com certeza, que **tal limitação não era de modo algum implícita à relatividade geral**.

Estas duas questões são perfeitamente equivalentes: seria precisamente a vigência daquele valor como um limite o que impediria um colapso gravitacional para além do raio de Schwarzschild [20], ou seja, da ocorrência de consumados buracos negros. A propósito, quanto a isto, os físicos são de uma cândida incoerência: aceitam que a **constante de Planck** se constitua em um valor mínimo para o momento angular, que o **comprimento de Planck** seja o valor mínimo mensurável de uma distância, que o mesmo se possa afirmar relativamente ao **tempo de Planck**, mas o **cliname de Planck**, abstrusamente, pode ser ultrapassado sem o menor constrangimento!

Para agravar tudo isso, sabe-se que a medida do tempo de aproximação ao **limite de eventos** (superfície esférica determinada pelo raio de Schwarzschild) tende para o infinito para um observador convenientemente afastado, o que tem como conseqüência que a consumação observável da queda de algo num buraco negro seria posterior a todos os eventos finitos do mundo deste observador, em especial, a sua própria duração de vida. A constatação da existência de um buraco negro pelo sumiço nele de uma só partícula que fosse é algo rigorosamente impossível de ser algum dia observado. Onde fica, nestas circunstâncias, a tão decantada profissão de fé positivista e/ou operacionalista?!

É oportuno observar que é precisamente por aí que podemos compreender a questão do comprometimento **massa/espaço** vis-à-vis o **tempo**, tal como o comprometimento **tempo/espaço** foi exigido pela **matéria** (por traz disto, é óbvio, esta a essência uno-trinitária do ser físico). Uma compactação além do raio de

Schwarzschild somente pode ocorrer depois de um tempo infinito, para além da eternidade, quando não faz mais sentido que se fale do tempo! A participação essencial do tempo, proíbe a singularidade material.

Cohen-Tannoudji – que também defende a essência limitativa das constantes fundamentais, ainda que de um ponto de vista epistemológico –, reconhece que G deveria assumir uma função limitante, mas não o faz, conquanto alimente ele a esperança de que tal venha ocorrer *no quadro de uma gravitação quântica onde G está associado a c e h* [21]. O mesmo autor, declara a seguir que a limitação cognitiva em questão seria aquela do observador não poder dizer se ele está ou não em movimento, inspirado certamente no já famigerado caso do elevador em que se estando lá fechado, não se pode dizer se se está em movimento acelerado ou atraído por uma massa.

Não podemos concordar com isto porque, a nosso juízo, G precisa estabelecer uma limitação relativa, especificamente, entre **espaço** e **massa** por si subsistentes na presença do **tempo**, e não apenas entre **espaço** e **tempo** como ele propõe, pois está já está posta por c.

A figura 2 possibilita-nos uma visão de conjunto da problemática das constantes universais e deixa bastante evidente como ela é completamente dependente da problemática da unificação da física. Esta, por sua vez, está na dependência de uma revisão profunda na teoria da relatividade geral, no sentido mesmo buscado pelo próprio Einstein, de modo a fazê-la sensível ao comprometimento massa/espaço que significa fazer de G uma constante limiar onto-lógica, tal como já são c e h.
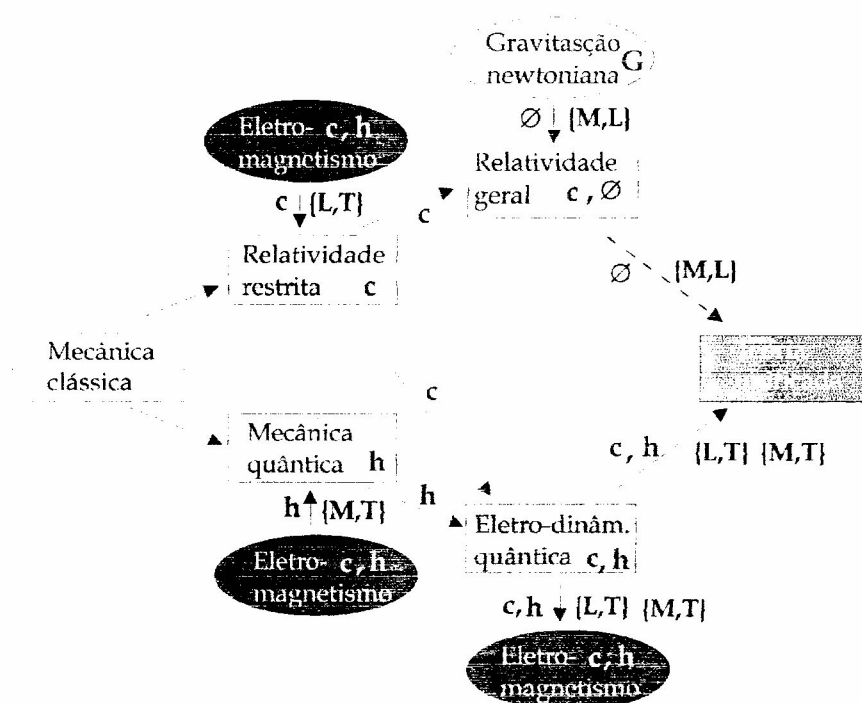
Figura 2

5. As conseqüências

Em suma, como evidencia a figura 2, existe uma anomalia com a constante G, a **única que o seria sem que o fosse por conta de um compromisso essencial entre um par de grandezas fundamentais**. A nosso ver, tal comprometimento mútuo precisaria ser expressamente postulado e fato é que ele jamais o foi, implícita ou explicitamente, nem nas teorias newtoniana (daí se poder usar sem problemas a abstração do **ponto**

material), nem na relatividade restrita, e ainda menos na relatividade geral. Einstein acreditou, pelo menos até 1939, quando publicou o artigo já mencionado na nota 16, que ele estaria implícito nesta última, e como já dito, tentou mesmo demonstrá-lo através de um engenhoso "experimento de pensamento", que, entretanto, não foi jamais aceito (com certa razão) ou tão simplesmente considerado no seu propósito pela comunidade científica, com a exceção recente de Berstein [22]. Sabe-se, por outro lado, segundo testemunho de Freeman Dyson, que Einstein chegou a manifestar a opinião que a singularidade (ou a existência de buracos negros) era *um defeito a ser removido de sua teoria por uma melhor formulação matemática* [23].

Tudo parece-nos agora suficientemente claro, e não vemos daqui por diante outra alternativa senão a de afirmar a necessidade de se postular explicitamente o **cliname de Planck** como um valor limite superior, o que viria então justificar o estatuto de universalidade da constante G como um valor **limite inferior** (inferior, dado que G é inversamente proporcional a a_P).

Introduzido o postulado acima, é interessante observar, estaria aberto naturalmente o caminho para a conjectura acerca da existência de um **cliname próprio** (a_0) [24] – similar ao momento angular próprio e à massa própria – e, a partir daí, para serem criadas as condições experimentais de sua constatação empírica. Ver figura 3.

De acordo com esta conjectura, tudo se passaria como se as "linhas de força radiais" do campo gravitacional de duas massa em interação colapsassem abaixo de uma certa distância (cerca de 10^{-20} m) e convergissem todas, mutuamente, de uma massa sobre a outra; a força gravitacional, em conseqüência, teria um aumento gigantesco (superior 10^{40} vezes, equiparando-a em intensidade às demais forças), de sorte que, dentro desta distância, ela passaria a ter o valor constante Ga_0^2. Com isto, evitar-se-ia a ocorrência de

Gravitação própria
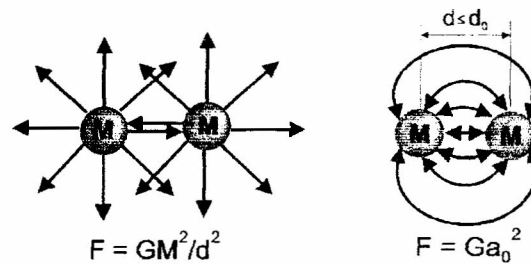
Figura 3

uma singularidade no campo gravitacional e, ainda, se estaria abrindo o caminho para a compatibilização da força gravitacional com as outras forças já quantificadas.

NOTAS

1. BORROW, John. *Theories of everything.* New York, Fawcett Columbine, 1991.p. 119, gozando as especulações em torno das constantes universais
2. Veja-se o tom geral destas palavras, em especial a referência a Kant, aí implícito o seu transcendentalismo lógico: "*O fato de a totalidade de nossas experiências sensoriais ser tal que é possível pô-las em ordem por meio de pensamento (operações com conceitos e uso de relações funcionais definidas entre eles, e a coordenação das experiências sensoriais com esses conceitos) é por si mesmo assombroso, mas constitui algo que jamais compreenderemos. Podemos dizer que "o eterno mistério do mundo é sua compreensibilidade". Uma das grandes percepções de Immanuel Kant foi que, sem essa compreensibilidade, a afirmação da existência de um mundo externo real seria destituída de sentido.* Albert Einstein. *Escritos da maturidade.*" Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 1994.p. 65
3. *Cf.* Luiz Sergio Coelho de Sampaio. *Princípio antrópico - Um novo fundamento e uma significação renovada.* Rio de Janeiro, UAB, 1997. (xerografado).
4. *Cf.* Luiz Sergio Coelho de Sampaio. *Apontamentos para uma história da física moderna.* Rio de Janeiro, UAB, *1997* (xerografado).
5. Citado por Dominique Lecourt in COHEN-TANNOUDJI, Gilles. *Les constantes universelles; Introduction.* Paris, Hachette, 1998.
6. BORROW, John. *Theories of everything.* New York, Fawcett Columbine, 1991.p. 118
7. COHEN-TANNOUDJI, Gilles. *Les constantes universelles.* Paris, Hachette, 1998. pp. 26, 23-124
8. *Ibid*, p. 26
9. SAMPAIO, Luiz Sergio Coelho de. *Apontamentos para uma história da física moderna.* Rio de Janeiro, UAB, 1997
10. Ibid. Para maiores detalhes sobre as lógicas, ver também SAMPAIO, L. S. C. de. *Noções elementares de lógica, Tomo I*, Rio de Janeiro, Inst. C-N, 1988.
11. SAMPAIO, Luiz Sergio Coelho de. *Apontamentos para uma história da física moderna.*
12. *Ibid.*
13. EDDINGTON, Arthur. *Fundamental theory.* Cambridge, Cambridge U. P., 1949. pp. 169 e 216

14. Rowan-Robinson, Michael. *Cosmology*. Oxford, Clarendon Press 1996. pp. 141-142.

15. Tecnicamente este é expresso no fato da função de onda para um par de fermions ser necessariamente antisimétrica, o que implica uma probabilidade zero de sua copresença.

16. "*A grandeza* ***cliname*** *deve ser encarada como tão fundamental como o são a* ***massa*** *e o* ***spin****. A propósito, este último pode servir de paradigma para a compreensão que queremos aqui atribuir ao cliname. O spin não é necessariamente o resultado da divisão de uma massa por uma freqüência, podendo comparecer como spin próprio, vale dizer como uma grandeza irredutível. Do mesmo modo deve-se considerar o cliname, não necessariamente o resultado da divisão de uma massa por um comprimento, como por exemplo, a divisão da massa pelo raio de um corpo homogêneo esférico.[...] O termo cliname foi escolhido como uma homenagem a Epicuro que o utilizou para nomear a tendência que os corpos em queda apresentariam de desviarem-se da vertical, o que podia então explicar o aparecimento de vórtices responsáveis pelo processo de composição e decomposição dos átomos. Ele também atribuiu peso (ou massa) aos átomos, que segundo Demócrito, possuíam apenas tamanho e forma. Por tudo isto, pareceu-nos que poderíamos tomar o cliname epicúreo como um conspícuo ancestral do nosso de dimensão* ML^{-1} *e, conseqüentemente, da força gravitacional. A variável cliname, devemos enfatizar, não pode ser considerada como a mera divisão de uma massa por uma distância, mas sim como uma grandeza autônoma, integral, tal como hoje consideramos ser o momento angular próprio ou spin.*" SAMPAIO, *Apontamentos*, p. 36.

17. "*Ce qui caractérise la physique newtonienne, c'est qu'elle est obligée d'attribuer, à côté de la matière, à l'espace et au temps, une existence réelle et indépendente. Car dans la loi du mouvement de Newton figure l'accélération. Mais l'accélération dans cette théorie ne peut signifier que "l'accélération par repport à l'espace". L'espace newtonien doit par conséquent être considéré comme étant "au repos".*" Albert Einstein, *La rélativité*, Paris, Payot, 1994.

18. *Cf.* EINSTEIN, Albert. *On a stationary system with spherical symmetry consisting of many gravitating masses* in Annals of Mathematics, **40**, 922, 1939.

19. OPPENHEIMER, J. R. e SNYDER, H. S. On *Continued Gravitational Contraction*. Phys. Rev., **56**, 455, 1939.

20. Dada uma massa esférica M, existe um raio R_C, dito **raio de Schwarzschild**, que constitui seu horizonte de eventos. Isto quer dizer que se tal massa fosse compactada numa esfera de raio minimamente inferior a R_C, nada mais poderia deixar a sua superfície em razão de que a velocidade de escape estaria superando a velocidade da luz. Curiosamente, tanto na mecânica clássica como na relatividade geral, $R_C = 2GM/c^2$.
21. COHEN-TANNOUDJI, Gilles. *Les constantes universelles.* Paris, Hachette, 1998. pp. 124-125
22. *Cf.* BERSTEIN, Geremy. *The reluctant father of black holes.* Scientific American, June, 1996. pp. 66-72.
23. Segundo testemunho de Freeman Dyson in *The Scientist as rebel*, New York Review of Books, 25, 1995, p. 32 citado em John Horgan, The end of science, 1996.
24. Duas partículas dotadas de cliname próprio, quando a uma distância menor do que um valor limite d_0, se atrairiam não mais segundo a fórmula de Newton, mais com uma força constante de valor $F = G (a_0)^2$, onde a_0 é o valor do **cliname próprio** ($\approx 10^{10}$ kg/m) a cada uma delas. Para maiores esclarecimentos, voltar á nota 16 anterior.